



Saphir Faid, docent aan Groep T, was eerder één van de drijvende krachten achter de twee races met zonnecelaangedreven wagens in Australië waaraan de Leuvense Hogeschool in vorige jaren deelnam. Hij verbleef ook enkele maanden in de Verenigde Staten, waar hij aan de bouw van een groot aantal conceptwagens meewerkte. Ongeveer één jaar geleden kwam hij het bestaan van het Formula Zero Championship op het spoor. Te laat, dacht hij, maar enige tijd later lieten de Nederlandse organisatoren van deze race weten dat het Groep T-team zich toch nog kon inschrijven. Uiteindelijk ging het Leuvense waterstofkart-project in maart 2008 van start. "Nochtans was de uitdaging niet gering," stelt Saphir Faid. "Want omdat we als laatste deelnemers in de wedstrijd waren gestapt, moesten we de kart in slechts enkele maanden tijd ontwerpen, terwijl de anderen er al ettelijke maanden tot een jaar mee bezig waren." Hij nam contact op met enkele (oud)studenten van de hogeschool die interesse hadden om aan het project deel te nemen. Het aldus ontstane team kreeg financiële steun van Solvay en Umicore. Deze firma's hadden in 2006 namelijk de joint venture 'SolviCore' opgericht, dat membranen voor brandstofcellen (zoals deze die het hart van de Leuvense kart vormen) ontwikkelt en produceert.

Brandstofcel met polymeerelektrolyt

Een brandstofcel bestaat uit een poreuze anode en kathode, met daartussen een elektrolytlaag. De anode wordt met een constante, gasvormige stroom brandstof (waterstof) gevoed, terwijl de oxidator (meestal zuurstof) aan de kathode wordt toegevoerd. Door de oxidatiereactie splitst het H_2 in twee positief geladen waterstofionen. De elektrolytlaag faciliteert de overdracht van ionen, zoals die van waterstof, waarbij ze door die laag naar de zuurstof migreren. Het H^+ reageert met het O_2 , zodat het 'afvalproduct' water ontstaat. Maar de elektronen van waterstof blijven bij de oxidatie aan de anode achter, die daardoor negatief wordt geladen. Het overschot aan elektronen stroomt door een geleider die de (negatief geladen) anode en (positief geladen) kathode verbindt, waardoor elektrische stroom ontstaat. Eén enkele brandstofcel heeft een uitgangsspanning van ongeveer 0,7 volt. Om een hogere spanning te krijgen, worden meerdere brandstofcellen in serie geplaatst: een 'stack'. Zo ontstaat een elektrische spanning die hoog genoeg is om een motor aan te drijven.

Het tienkoppige Belgische team gebruikte een PEM-FC brandstofcel ('Proton Exchange Membrane Fuel Cell' of 'Polymer Electrolyte Fuel Cell'). Saphir Faid legt uit waarom: "Bij dit type neemt er geen vloeistof aan de reactie deel: het elektrolyt is een vast polymeer dat zich in de cel onder vorm van een dun, doorlaatbaar membraan bevindt. De solide toestand heeft enkele markante voordelen: zo wordt de brandstofcel kantelbaar, schokbestendig en compacter. En

FORMULA ZERO CHAMPIONSHIP **Belgische hightech** verpakt in een **H2-racekart**

Starten aan een atletiekwedstrijd waarbij de vijf concurrenten reeds 9 van de 14 kilometer hebben afgelegd, en toch nog zilver halen. Onmogelijk, lijkt het. Toch heeft het team van de Leuvense Industriële Hogeschool Groep T samen met ondermeer het jonge ingenieursbedrijf Triphase een vergelijkbare prestatie geleverd. Een staaltje van Belgische hightech, verpakt in een racekart.

Door Ing. Koen Vandepopuliere, Control & Automation Magazine



Groep T-docent Saphir Faid (in midden): 'In twee à drie weken was de aansturing van de motoren, de coördinatie van de energietransfers van en naar de waterstofcel én de interface ten behoeve van de piloot, in kannen en kruiken. Met dank aan Triphase.'



de vloeistoffen in andere cellen bevatten vaak corrosieve stoffen, zoals fosforzuur. Voorts bedraagt de te bereiken werkingstemperatuur van dit elektrochemisch toestel zo'n 80 °C – vrij laag in vergelijking met deze van andere types -, met als gevolg een snelle opstarttijd. Om deze redenen wordt precies deze PEM-FC brandstofcel bijna altijd gebruikt bij de ontwikkeling van vermarktbaar H₂-aangedreven auto's. Nadeel is dat de reductiereactie platinum als katalysator vereist: een erg duur metaal dat zich aan beide zijden van het membraan bevindt. Bovendien verliest het snel werkingskracht wanneer het met CO, in contact komt, waardoor het toegevoegde water- en zuurstof erg zuiver moet zijn."

Elektromotoren met koppelsturing

Het voertuig wordt door axiale flux DC-motoren aangedreven: een type met hoge vermogensdichtheid (tot 30kW elk) dat in de wereld van elektrische karts vaker wordt gebruikt. Er zijn er twee, één voor elk wiel. Het betreft elektromotoren met koppelsturing, wat een differentieel overbodig maat. Dat heeft diverse voordelen. Zo worden energieverliezen door wrijving tussen de verschillende mechanische onderdelen ervan vermeden. Gezien het (relatief) grote gewicht van de kart (262 kilogram) is het tevens een betere keuze dan werken met een starre as, wat bij benzine aangedreven karts gebeurt. En tenslotte bestaat de mogelijkheid om de weglijging via elektronische correcties nog verder te optimaliseren. De keuze werd ook gemaakt met het oog op de toekomst: de Formula Zero Championship-organisatoren streven er immers naar om de deelnemende wagens groter en performanter te laten worden naarmate de brandstofceltechnologie commercieel interessanter wordt, met als uiteindelijk doel tot een heuse (waterstofaangedreven) tegenhanger van de hedendaagse Formule 1-races te komen. Door haar keuze voor twee motoren zorgde het Belgische team ervoor dat de kart in de loop van de volgende jaren kan worden uitgerust met een ESP-systeem ('Electronic Stability Program') dat de stabiliteit verder zal bevorderen en het slipgevaar verminderen.

Intense ontwikkeling

Wanneer de piloot op het gaspedaal duwt, moet de aandrijflijn goed zijn uitgekiend, zodat hij zich volledig kan concentreren op het rondjes draaien. Daarvoor zorgde Triphase, een in 2006 opgestarte spin-off van de K.U.Leuven die intussen vijf personeelsleden telt. COO Dr. Ir. Piet Vanassche vertelt: "Traditioneel worden elektrische aandrijflijnen eerst gemodelleerd en gesimuleerd in softwareomgevingen zoals Matlab/Simulink, MATRIXx/SystemBuilder of Spice. Daarna vergt het vaak maanden werk om dit alles in effectief functionerende hardware om te zetten. Meer geavanceerde technieken gebruiken 'hardware in a loop' of kortweg HIL-simulaties." Het kenmerk van deze laatste is dat de stuelelektronica, die

uiteindelijk zou moeten worden gebruikt, aan de hand van een 'virtuele wagen' wordt getest. DSP's en microprocessoren worden hierbij gekoppeld aan een computer die de motoren, schokdempers, tandwielkasten etc., nabootst. Daarbij wordt rekening gehouden met het mogelijke weggedrag (wielstand, soort band en veergedrag), emissiewaarden, brandstofgebruik, motorvermogen, versnellingsbak en rijstijl. Op deze manier worden testen uitgevoerd zonder dat er eerst een prototype moet worden gebouwd, wat tijd en kosten bespaart. Piet Vanassche vervolgt: "Dergelijke HIL-simulaties laten toe om DSP en andere software te testen zonder hardware prototypes te bouwen. Maar omdat er in die fase nog steeds virtueel wordt gewerkt, hebben we nog geen idee over hoe de software zich op de reële wagen/kart – de 'echte' hardware - zal gedragen. Daartoe hebben we



Ir Piet Vanassche (Triphase) 'Onze stuuralgoritmes voor Hardware in a Loop-simulaties worden op een visuele manier als het ware gecomponeerd.'

een platform ontworpen dat toelaat om ideeën veel sneller te implementeren dan bedrijven die met een meer traditionele aanpak werken. Onze stuuralgoritmes worden gecomponeerd op een visuele manier, als blokschema's, met behulp van het intuïtieve en interactieve Matlab/Simulink. Deze schema's worden dan door een codegenerator, zoals Real-time Workshop, in de C-code omgezet en gecompileerd tot een uitvoerbaar bestand dat de hardware van de kart aanstuurt. Deze hardware, die onderdeel van ons platform uitmaakt, omvat onder meer vermogensconvertoren, spanning- en stroomsensoren, alsook allerhande actuatoren. Het testen van de algoritmes neemt bijgevolg slechts enkele minuten in beslag. Door dit alles hebben we bij de ontwikkeling van de aandrijflijn van de kart veel tijd gewonnen. De feiten spreken voor zich: in twee à drie weken was de aansturing van de motoren, de coördinatie van de energietransfers van en naar de waterstofcel én de interface ten behoeve van de piloot in kunnen en kruiken, terwijl gangbare methodes daar enkele maanden voor nodig hebben. We zijn negen maanden later dan de andere teams

gestart, maar waren de eersten die, na keuring door de organisatie, klaar voor de race waren." Frederik Loeckx, CEO van de Leuvense KMO, vervolgt: "We wilden bewijzen dat onze technologie en ontwikkelingsfilosofie mensen in staat stelt om in een erg korte tijd zeer performante elektrische systemen te bouwen."

Linux in kart

Maar de vermogensconversie was niet alleen innovatief in het kader van de ontwikkelingsmethode van de aansturing, coördinatie en interface. Traditioneel wordt de stuurlogica over verschillende processoren, zoals DSP's en PLC's, gespreid. Op de PC staat dan de gebruikersinterface. Deze geeft instructies aan PLC's, die op hun beurt elk een aantal DSP's onder controle hebben. Een aantal spelers heeft intussen de PLC-software op een centrale computer geïntegreerd (lees: geëmuleerd). Dergelijke SW-geëmuleerde PLC's worden soft-PLC's genoemd. Maar Triphase heeft in de kart een technologie geïmplementeerd die (voorlopig) uniek is. Piet Vanassche: "We hebben de DSP-logica eveneens op de centrale computer geëmuleerd, zodat de kart het eerste voertuig is die onze wereldprimeur van de soft-DSP op haar conto kan schrijven. Trouwens, ook de aansturing van de DC/DC-converter is op de computer geïntegreerd. Verder hebben we als centrale processor een PC gekozen die in de kart is 'embedded'. Let wel: het betreft een computer die compacter en robuuster is dan de gangbare PC's. Op dat toestel draait het besturingssysteem Linux/Xenomai, dat toelaat om non real-time functionaliteiten, zoals gebruikersinterfaces, monitoring en data-analyse te combineren met de real-time algoritmes die de motoren aansturen. De communicatie vanuit die PC gebeurt via een ethernet. Welnu, deze centralisatie van PLC, DSP en andere microprocessoren op een centrale PC biedt verschillende voordelen. Zo wordt heel wat hardware uitgespaard, wat de prijs drukt. Ook wordt de bedrading vereenvoudigd, net zoals het voorraadbeheer, gezien er minder componenten op voorraad moeten worden gehouden. Voorts draagt de centralisatie van alle software op die ene centrale computer bij tot een snellere ontwikkeling en resulteert ze in een bijzonder onderhoudsvriendelijk systeem. Het is namelijk niet langer nodig om bij wijzigingen alle verschillende PLC's, DSP's en andere microprocessoren apart te herprogrammeren. Eenmaal de klus op de PC is geklaard, is de kous af."

Het Groep T-team won uiteindelijk zilver op het Formula Zero Championship, na de Nederlanders. << (foto's: Groep T en Triphase)



U kan dit artikel downloaden op
www.engineeringnet.be